

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-331920

(43)Date of publication of application : 30.11.2001

(51)Int.Cl.

G11B 5/667

(21)Application number : 2000-151279

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 23.05.2000

(72)Inventor : KAWATO YOSHIKI  
FUTAMOTO MASAOKI  
NAKAMOTO KAZUHIRO

## (54) PERPENDICULAR MAGNETIC RECORDING MEDIUM AND MAGNETIC RECORDING AND REPRODUCING DEVICE

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a perpendicular magnetic recording medium improved so as to be suitable for high speed and high density magnetic recording and to provide a recording and reproducing device.

SOLUTION: A backing magnetic layer of a two-layered perpendicular magnetic recording medium is composed of three layers of a ferromagnetic layer 42/a non-magnetic layer 43/a ferromagnetic layer 44 and the ferromagnetic layers 42 and 44 are anti-ferromagnetically bonded to each other to prevent magnetic flux emitted from domain walls of the backing magnetic layer from entering a reproducing head.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 23.05.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3350512

[Date of registration] 13.09.2002

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-331920

(P2001-331920A)

(43) 公開日 平成13年11月30日 (2001. 11. 30)

(51) Int. Cl.

識別記号

F I

テマコード (参考)

G 1 1 B 5/667

G 1 1 B 5/667

5 D 0 0 6

審査請求 有 請求項の数 4 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願2000-151279 (P2000-151279)

(22) 出願日 平成12年 5 月23日 (2000. 5. 23)

〔出願人による申告〕 国等の委託研究の成果に係る特許出願 (平成11年度新エネルギー・産業技術総合開発機構 (再) 委託研究、産業活力再生特別措置法第30条の適用を受けるもの)

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目 6 番地

(72) 発明者 川戸 良昭

東京都国分寺市東恋ヶ丘一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 二本 正昭

東京都国分寺市東恋ヶ丘一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(74) 代理人 100091096

弁理士 平木 祐輔

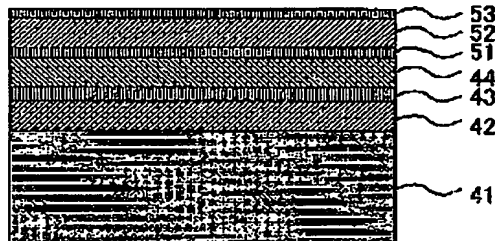
最終頁に続く

(54) 〔発明の名称〕 垂直磁気記録媒体及び磁気記録再生装置

(57) 〔要約〕

〔課題〕 高速で高密度磁気記録に適するように改良された垂直磁気記録媒体及び記録再生装置を提供する。

〔解決手段〕 2層垂直磁気記録媒体の裏打磁性層を強磁性層 4 2 / 非磁性層 4 3 / 強磁性層 4 4 の 3 層構成とし、強磁性層 4 2、4 4 同士を反強磁性結合させることにより、裏打磁性層の磁壁から出る磁束が再生ヘッドに入るのを防ぐ。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 非磁性基板上に裏打磁性層を介して垂直磁化膜が設けられた垂直磁気記録媒体において、前記裏打磁性層は隣接した強磁性膜に両側を挟まれている非磁性膜を少なくとも1層有していることを特徴とする垂直磁気記録媒体。

【請求項2】 請求項1記載の垂直磁気記録媒体において、前記裏打磁性層の非磁性膜がRu、Rh、Ir、Cr及びこれらの合金からなる群より選択された非磁性金属膜であり、前記裏打磁性層の当該非磁性膜に隣接する強磁性膜がCo、Ni、Fe及びこれらの合金からなる群より選択された磁性膜であることを特徴とする垂直磁気記録媒体。

【請求項3】 請求項1又は2記載の垂直磁気記録媒体において、前記裏打磁性層の非磁性膜に隣接する2層の強磁性膜の磁化が互いに反平行結合していることを特徴とする垂直磁気記録媒体。

【請求項4】 垂直磁気記録媒体と、前記垂直磁気記録媒体を駆動する駆動手段と、記録部と再生部とを備える磁気ヘッドと、前記磁気ヘッドを前記垂直磁気記録媒体に対して相対運動させる手段と、前記磁気ヘッドへの信号入力と前記磁気ヘッドからの出力信号再生を行うための信号処理手段とを備える磁気記録再生装置において、前記磁気記録媒体は請求項1～3のいずれか1項記載の垂直磁気記録媒体であることを特徴とする磁気記録再生装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、高密度磁気記録に適する垂直磁気記録媒体及びこれを用いた磁気記録再生装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】パーソナル・コンピュータやワークステーション等の急速な普及に伴い、不揮発性ファイルシステムの中核となる磁気ディスク装置はこれまでに増して大容量化を求められている。磁気ディスク装置の大容量化のためには、記録するビット密度すなわち面記録密度をより高めることが必要となる。現在実用化されている磁気ディスク装置における記録方式は面内記録方式と呼ばれる。これは、ディスク基板面と平行な方向に大きな保磁力を持つ強磁性膜を記録媒体とし、この記録媒体を基板面内方向に磁化することで情報を記録する方式である。この場合、ビットの1に対応するのは面内磁化が180度の角度をなして向き合っている磁化反転部である。面記録密度を高めるには、ディスクの円周方向のビット密度（線記録密度）及び半径方向のビット密度（トラック密度）を同時に増加する必要があるが、トラック密度は記録/再生ヘッドのトラック幅形成プロセスや位置決め精度によって制限されるが、これらは主として技術的な課題にすぎない。これに対し線記録密度は記録媒

体の特性によって原理的な制約を受けると考えられている。

【0003】面内記録方式においては磁化反転を中心に磁化が向き合っているため、大きな反磁界を生じる。この反磁界によって磁化反転部には有限の幅を持った遷移領域が形成される。磁化反転領域の幅は少なくともビット間隔より小さくする必要があるため、線記録密度を高めるには媒体が反磁界に打ち勝って磁化するような構成、より具体的には媒体の保磁力を向上するとともに記録磁性膜の厚さを低減することが必要である。このため線記録密度は媒体の磁気特性によって大きく制限されることになる。標準的な面内磁気記録系では、線記録密度とトラック密度の比は約10程度とすることが望ましいとされている。この条件のもとに50Gb/in<sup>2</sup>の記録密度を実現する場合、円周方向のビット間隔は約25nmになる。一方、簡単なモデルにより磁化反転幅が25nm以下になる媒体の必要磁気特性を見積もると、媒体膜厚15nm以下、保磁力5kOe以上となる。

【0004】しかしながら保磁力が5kOeを超えると、媒体を充分磁化することができるだけの記録磁界の確保が困難になる。またCo合金系磁性膜では磁性膜の厚さが15nm以下になると、実質的な媒体結晶粒子の体積が小さくなるため、粒子の磁気異方性エネルギーに比べて熱エネルギーの大きさが無視できなくなる。このため熱揺らぎの影響が顕著となり、記録磁化の大きさが時間の経過につれて減少する熱減退の問題が発生する。一方、結晶粒体積を面内方向の結晶サイズで確保しようとすると、媒体ノイズの増大をまわき充分な信号S/Nがとれなくなる。このように耐熱減退、低ノイズを両立しつつ50Gb/in<sup>2</sup>以上の面記録密度を実現するためには原理的な困難が予想される。

【0005】垂直磁気記録方式は薄膜媒体の磁化を膜面に垂直に形成する方式で、記録原理や媒体ノイズの発現機構が従来の面内磁気記録媒体の場合とは異なると考えられている。垂直磁気記録方式は隣接する磁化が向き合わずに逆平行配列となるために反磁界の影響を受けない。そのため非常に狭い磁化反転が期待でき、線記録密度を高めやすい。また媒体薄膜化への要求が面内記録ほど強くないため耐熱減退に対しても高い耐性を確保できる。このように垂直磁気記録方式は本質的に高密度磁気記録に適した方式として注目され、様々な媒体の材料・構造が提案されている。垂直磁気記録方式には、単層の垂直磁化膜を用いる方式と垂直磁化膜に裏打磁性層を設ける方式がある。裏打磁性層を持つ2層垂直磁気記録媒体を用いる技術は、例えばIEEE Transaction on Magnetics, Vol.MAG-20, No.5, September 1984, pp.657-pp.662, "Perpendicular Magnetic Recording-Evolution and Future" に記述されている。この方式の垂直磁気記録媒体としては、パーマロイなどの軟磁性膜層からなる裏打層上にCoCr合金からなる垂直磁化膜を設けた媒

体が検討されている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】2層垂直磁気記録媒体を用いる垂直磁気記録方式により $50\text{Gb/in}^2$ 以上の高密度磁気記録が可能な磁気記録再生装置を実現化するためには、媒体ノイズの低下が不可欠である。媒体ノイズは、垂直磁化膜と裏打磁性層の双方から発生しており、特に裏打磁性層から発生するスパイク状のノイズが問題となっていた。このようなノイズの例は、例えばIE EE Transaction on Magnetics, Vol.MAG-20, No.5, September 1984, pp.663-pp.668, "Crucial Points in Perpendicular Recording" に記述されている。このような問題に対して、裏打磁性層の下部に面内磁化膜を形成する方法が、例えば日本応用磁気学会誌, Vol.21, Supplement No.51, pp.104-108, "3層垂直媒体の高S/N化及び記録信号の安定性"に見られるように提案されているが、 $50\text{Gb/in}^2$ 以上の高密度磁気記録が可能な磁気記録再生装置を実現化するためには必ずしも十分ではなかった。本発明の目的は、 $50\text{Gb/in}^2$ 以上の高密度記録密度を実現するための低ノイズ特性を持つ垂直磁気記録媒体を提供し、高密度記録再生装置の実現を容易ならしめることにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】低ノイズ特性を持つ垂直磁気記録媒体を実現するために本発明では、非磁性基板上に裏打磁性層を介して垂直磁化膜及び保護潤滑膜が設けられた垂直磁気記録媒体において、強磁性膜/非磁性膜/強磁性膜という積層構造を少なくとも1組合み、両強磁性膜の磁化が反平行結合している裏打磁性層を提供する。裏打磁性層に起因するノイズは、裏打磁性層の磁壁から発生する漏れ磁束が再生ヘッドに流入するのを防ぐとともに、裏打磁性層中に存在する磁壁が容易に動かないように固定することで低減できる。

【0008】すなわち、本発明による垂直磁気記録媒体は、非磁性基板上に裏打磁性層を介して垂直磁化膜が設けられた垂直磁気記録媒体において、裏打磁性層は隣接した強磁性膜に両側を挟まれている非磁性膜を少なくとも1層有していることを特徴とする。

【0009】裏打磁性層の非磁性膜はRu, Rh, Ir, Cr及びこれらの合金からなる群より選択された非磁性金属膜とし、裏打磁性層の当該非磁性膜に隣接する強磁性膜はCo, Ni, Fe及びこれらの合金からなる群より選択された磁性膜とすることができる。裏打磁性層の非磁性膜に隣接する2層の強磁性膜の磁化が互いに反平行結合している。

【0010】本発明による磁気記録再生装置は、垂直磁気記録媒体と、垂直磁気記録媒体を駆動する駆動手段と、記録部と再生部とを備える磁気ヘッドと、磁気ヘッドを磁気記録媒体に対して相対運動させる手段と、磁気ヘッドへの信号入力と磁気ヘッドからの出力信号再生を

行うための信号処理手段とを備える磁気記録再生装置において、磁気記録媒体が前述の垂直磁気記録媒体であることを特徴とする。本発明によると、垂直媒体の裏打磁性層起因のノイズが大幅に低減されるため、信号のS/Nが大幅に改善され、高記録密度の磁気記録装置が実現できる。

【0011】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。

【実施例1】直径2.5インチのガラス基板を用い、直線マグネトロンスパッタ法によって、図1に示す断面構造を持つ磁気記録媒体を作製した。基板41上に、第1層42、第2層43及び第3層44の3層からなる裏打磁性層を形成し、5nmの中間下地膜(TiCr)51を介して垂直磁化膜(CoCrPt)52を25nm、保護膜53を5nmの厚さでこの順序で形成した。第1層42及び第3層44は、ともに30nmのCoからなるものと、ともに30nmのCoFeからなるものの2種類を作製した。第2層43はRuとした。

【0012】図2及び図3はRu膜厚を最適化するために、3層からなる裏打磁性層の磁気特性のRu膜厚依存性を調べた結果である。ただし、ここでは上下の第1層42及び第3層44のCo膜厚を10nmとしている。また、磁性膜をCoFeとした場合もほとんど同じ結果が得られた。

【0013】図2に示したのは、Ru膜厚をそれぞれ(a)1.4nm及び(b)0.7nmとしたときの、Co/Ru/Co3層からなる裏打磁性層の磁化曲線である。まずRu膜厚が1.4nmのときは、1層の強磁性膜と同様の振舞いを示していることから2層のCoは平行状態で結合していることがわかる。一方、Ru膜厚が0.7nmのときは、磁界=0での磁化Mがほぼ0であることから、2層のCoは反平行状態で結合しており、磁化の飽和する磁界から、約2.1kOeという大きな結合磁界が生じていることがわかった。このように、Co/Ru/Co3層膜にはRu膜厚によって平行状態と反平行状態の場合がある。目的とする裏打磁性層を実現するためには、Co層が互いに反平行に結合している必要があるためRu膜厚を変化させて磁気特性を調べた。その結果をまとめたものが図3である。

【0014】図3(a)は、磁化が飽和する磁界HsのRu膜厚依存性である。Ru膜厚を厚くすると、Hsの極大点と極小点が交互に現れていることがわかる。これに対して、図3(b)に示した残留磁化MrのRu膜厚依存性では、Hsが極小の場合Mrは極大となり、Hsが極大の場合Mrは極小となっている。この2種類の領域は、前者が図2(a)に対応し、後者が図2(b)に対応していることになる。

【0015】以上の結果を踏まえて、この実施例においてRu膜厚は反平行結合領域である0.7nmとした。

本実施例でのCo膜厚は30nmとしたので、反平行結合磁界(Hsに相当)は約500Oeとなった。上記記録媒体の特性を評価するため、単磁極型記録ヘッドで信号を記録した。図4は、実験に用いた記録ヘッドと記録媒体の概略断面図である。ただし、媒体の詳細は図示を省略してある。記録ヘッドは主磁極61、副磁極62、及び励磁コイル63からなる。コイル63に電流を流すと主磁極61が励磁され、先端部から出た記録磁束65は裏打磁性層64を通して副磁極62に入る。このとき主磁極先端で磁束は狭い断面積中に絞り込まれているため、結果として強い磁界が垂直磁化膜66に印加されて信号に対応した磁化パターン67を生じる。ここでは60kFCI及び600kFCIの2種類の信号を記録した。また、比較のため裏打磁性層を60nmのCo単層とした従来型の記録媒体にも同じ信号を記録した。記録した媒体表面をMFMで観察したところ、どちらの媒体でもシャープな磁化反転が狭トラックで記録されていることを確認した。

【0016】次に、この記録した信号を再生ヘッドで再生し、S/N及び分解能の比較を行った。図5は、実験に用いた再生ヘッドと、信号が記録された従来型の記録媒体の断面図(a)及び再生信号の一例(b)である。再生に用いたのはシールド型GMRヘッドである。これはGMR素子73が、80nmの間隔で設けられたシールド71、72に挟まれる構造である。なお、記録媒体表面(垂直磁化膜74の表面)と再生ヘッド表面の間隔は約30nmである。

【0017】裏打磁性層を持つ垂直記録媒体における再生信号は、一般に矩形波が理想形である。ところが図5(b)の再生信号波形78を見ると、スパイク状のノイズ79が重畳している。これは図5(a)に示したように、裏打磁性層76が記録パターン75とは無関係に多磁区構造をとり、その磁壁77から出る静磁界に再生ヘッドが応答したものと考えられる。

【0018】図6に、本発明を適用した媒体による評価結果の一例を示した。図6(b)に示すように、再生信号波形78は従来例のようなスパイク状のノイズを含んでおらず、ほぼ理想的な矩形波となっていることがわかる。これは図6(a)に示したように、裏打磁性層のCo膜76、80の磁化が反平行に結合しているため、上下Co膜中に極性の異なる磁区が生じ、結果として磁壁77、81からの静磁界が打ち消しあうためと考えられる。このように本発明を適用した記録媒体では裏打磁性層からのノイズを低減する効果が期待できる。

【0019】次に信号のマクロな特性を比較した。表1は、600kFCIの磁気記録を行なった場合のS/Nと、分解能を上記2種類の媒体について比較したものである。S/Nは低記録密度での再生出力の半値と、高記録密度(600FCI)でのノイズとの比を評価した。分解能は30MHz(60kFCI)で記録したときの

再生出力と300MHz(600kFCI)で記録したときの再生出力の比率として測定した。

【0020】

【表1】

	本発明	従来技術
S/N (dB)	25.5	24.3
分解能 (%)	12.2	9.6

【0021】本実施例の磁気記録媒体はS/Nが向上しており、高密度磁気記録媒体として望ましいことがわかった。また高周波で記録したときの再生信号の劣化も小さいため、高速の記録再生に適していることが分かった。本実施例で作製した磁気記録媒体を用いて、再生素子としてGMRヘッドを用いた評価を行った。その結果面記録密度55Gb/in<sup>2</sup>の条件でオントラックのビットエラーレート10<sup>-8</sup>が確保でき、高密度記録再生装置として動作する十分な性能を持つことを確認した。

【0022】本実施例の磁気記録媒体は、比較例に比べてS/N、高周波記録特性が大幅に改善されており、高密度磁気記録媒体として望ましいことがわかった。本実施例で作製した磁気記録媒体を用いて、再生素子として磁気トンネル現象を応用した高感度再生ヘッドを用いた評価を行ったところ、面記録密度80Gb/in<sup>2</sup>の条件でオントラックのビットエラーレート10<sup>-8</sup>が確保でき、超高密度記録再生装置として動作する性能を有していることを確認した。

【0023】【実施例2】実施例1で試作した垂直磁気記録媒体を基板の両面に成膜したディスク(図7)と、巨大磁気抵抗効果(GMR)を用いた高感度再生素子を持つ録再生ヘッド(図8)を用いて図9に示す磁気記録再生装置を作製した。磁気記録再生装置は、磁気記録媒体(ディスク)91と、磁気記録媒体を回転する駆動部92と、磁気記録部と再生部を備える磁気ヘッド93と、前記磁気ヘッドを前記磁気記録媒体に対して相対運動させる磁気ヘッド駆動部94と、磁気ヘッド93の記録信号及び再生信号を処理する信号処理部95と、ロード/アンロード機構96を有する周知の構成の磁気記録再生装置である。

【0024】ディスクは、図7に断面構造を模式的に示すように、NiAlからなる基板27上に、磁性膜26、26'として厚さ30nmのCoFe、非磁性膜25、25'として厚さ0.7nmのRu、磁性膜24、24'として厚さ30nmのCoFe、非磁性中間膜23、23'として厚さ3nmのTiCr、垂直磁化膜22、22'として厚さ25nmのCoCrPt、保護膜21、21'として厚さ3.5nmのカーボンを積層した構造を有する。磁性膜26、26'、非磁性膜25、25'及び磁性膜24、24'を積層した部分が裏打磁性層に当たる。

【0025】記録ヘッドの主磁極61におけるトラック幅0.4μm、再生用のGMRヘッド素子69のトラッ

幅0.32 $\mu$ m、ヘッドと媒体66のスペーシングを15nmとした。信号処理としてEPR4方式を採用し、55Gb/in<sup>2</sup>の面記録密度の条件で装置を動作させたところ、オントラックで10<sup>-8</sup>以下のビット誤り率が得られ、ディスク1枚あたり35GBの容量を持つ高密度記録再生装置として動作することを確認した。

【0026】【実施例3】図9に略示した磁気記録再生装置に、異なる構成の垂直磁気記録媒体を組み込んで評価した。図10は、この垂直磁気記録媒体の概略断面図である。ガラスからなる基板101上にCo膜102を40nm、Ru膜103を0.7nm、Co膜104を40nm、Co系アモルファス強磁性膜105を20nm、非磁性中間層106を2nm、垂直磁化膜107としてCoCrPtBを30nm、保護膜108としてカーボン3nm積層した層構成である。

【0027】この垂直磁気記録媒体は、Co膜102からCo系アモルファス強磁性膜105の部分が裏打ち磁性層として機能する部分であり、Co系アモルファス強磁性膜を裏打ち層の一部に用いることで垂直磁化膜の結晶配向性を改善している点で実施例1で説明した垂直磁気記録媒体と異なる。ここでCo系アモルファス強磁性膜としてはCoZrTaを用いた。この場合の特性はS/N=26dB、分解能=13%で、表1に示した記録媒体よりさらに特性が向上していることが確認された。

【0028】

【発明の効果】本発明によれば、垂直磁気記録媒体の媒体S/Nを大幅に改善することができ、この結果高速で高密度磁気記録が可能な磁気ディスク装置の実現が可能となる。特に50Gb/in<sup>2</sup>を超える高密度磁気記録が可能となり、装置の小型化や大容量化についてはディスク枚数低減による低価格化が容易になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による垂直磁気記録媒体の一例の構造を示す概略断面図。

【図2】裏打ち磁性層の磁気特性の一例を示す図。

\*【図3】裏打ち磁性層の磁気特性のRu膜厚依存性を示す図。

【図4】単磁極型記録ヘッドと磁気記録媒体の概略断面図。

【図5】従来例の再生ヘッドと磁気記録媒体の断面図及び再生波形を示す図。

【図6】本発明による再生ヘッドと磁気記録媒体の断面図及び再生波形の一例を示す図。

【図7】本発明による垂直磁気記録媒体の一例の概略断面図。

【図8】単磁極型記録ヘッドとGMR再生ヘッド及び磁気記録媒体の概略断面図。

【図9】磁気記録再生装置の概略構成図。

【図10】本発明による垂直磁気記録媒体の他の例を示す概略断面図。

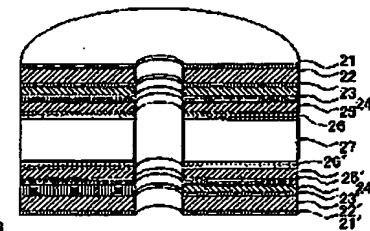
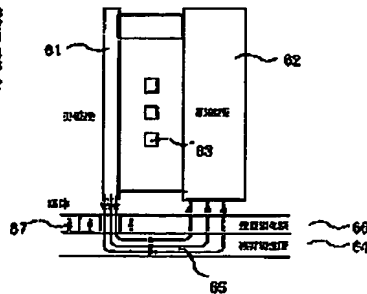
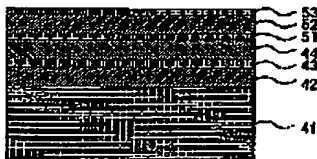
【符号の説明】

21、21'…保護膜、22、22'…垂直磁化膜、23、23'…非磁性中間膜、24、24'…磁性膜、25、25'…非磁性膜、26、26'…磁性膜、27…基板、41…基板、42…磁性膜、43…非磁性膜、44…磁性膜、51…非磁性中間膜、52…垂直磁化膜、53…保護膜、61…主磁極、62…副磁極、63…励磁コイル、64…裏打ち磁性層、65…記録磁界、66…硬磁性垂直磁化膜、67…記録磁化、69…GMR再生素子、71、72…シールド、73…GMR再生素子、74…記録媒体、75…記録磁化、76…裏打ち磁性層、77…裏打ち磁性層に入った磁壁、78…再生信号波形、79…スパイク状のノイズ、80…裏打ち磁性層の第二のCo膜、81…第二のCo膜に入った磁壁、91…磁気記録媒体、92…磁気記録媒体駆動部、93…磁気ヘッド、94…磁気ヘッド駆動部、95…信号処理部、96…ロード/アンロード機構、101…基板、102…強磁性膜、103…非磁性膜、104…強磁性膜、105…アモルファス強磁性膜、106…非磁性中間膜、107…垂直磁化膜、108…保護膜

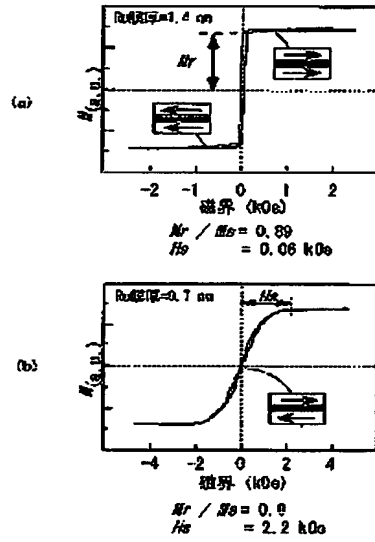
【図1】

【図4】

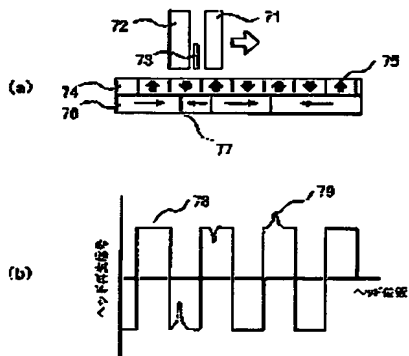
【図7】



【図2】

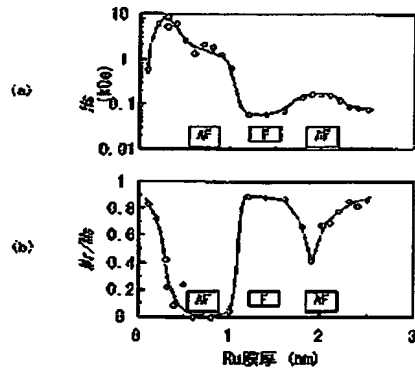


【図5】

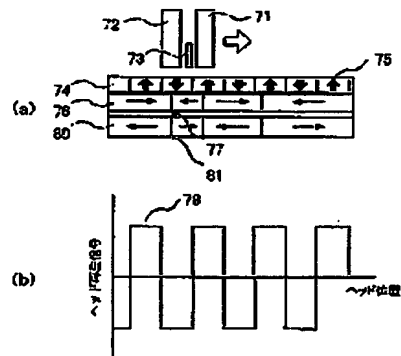


従来例

【図3】

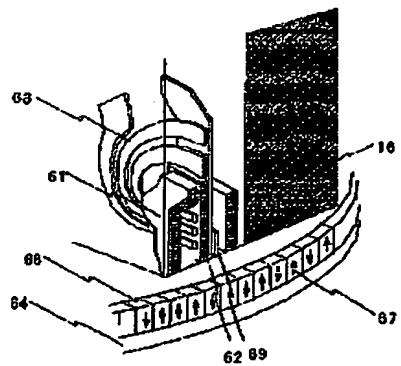


【図6】



本発明の実施例

【図8】

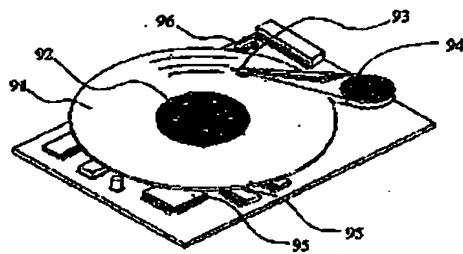


# BEST AVAILABLE COPY

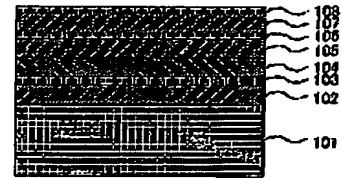
(7)

特開2001-331920

【図9】



【図10】



フロントページの続き

(72)発明者 中本 一広  
東京都国分寺市京悠ヶ路一丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内

Fターム(参考) 5D006 B801 B802 B807 B808 CA01  
DA03 DA08 FA09